

Утверждаю

Проректор по науке ФГАОУ ВО «Пермский
национальный исследовательский политехнический
университет», доктор физико-математических наук,
доцент




А.И. Швейкин

«5» сентября 2023 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

о диссертационной работе Сурина Владимира Анатольевича
«Математическое моделирование фильтрации контрастных изображений
на основе обобщенного метода наименьших модулей», представленной на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы
программ

Актуальность темы диссертации

В современном мире практически у всех людей имеются цифровые камеры, будь то камера телефона или фотокамера. Изображения, полученные с таких камер, используются повсеместно. Однако при использовании цифровой фототехники на полученном изображении неизбежно возникает шум в том или ином количестве, который мешает правильному восприятию самого изображения и конкретных деталей на нем.

Фильтрация изображений позволяет улучшать восприятие и анализ изображений путем повышения контрастности и удаления шумовой составляющей. Она позволяет выделить важные детали, улучшить различимость объектов и снизить влияние шума или других искажений.

В последние годы исследователи активно работают над разработкой новых методов фильтрации изображений с использованием различных подходов,

таких как статистический анализ, машинное обучение, глубокое обучение и другие. Эти методы стремятся улучшить результаты фильтрации, учитывая различные особенности изображений и требования конкретных приложений.

Таким образом, разработка метода моделирования фильтрации контрастных изображений остается актуальной задачей, поскольку она помогает улучшать качество обработки и анализа изображений во многих практических сферах, таких как медицинская диагностика, видеонаблюдение, анализ образов и других.

Целью диссертационной работы является разработка метода моделирования цифровой обработки контрастных изображений на основе обобщенного метода наименьших модулей и реализация разработанных алгоритмов в виде комплекса программ для практического применения.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа Сурина В.А. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Главы диссертации представляют взаимосвязанные и логически законченные части, объединенные единым замыслом работы, подходом и методами исследований.

Во введении обоснована актуальность и степень разработанности темы исследования, сформулированы цель и задачи, изложена их научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, перечислены основные положения, выносимые на защиту, личный вклад автора, методология и методы исследований, приведены сведения по апробации работы и основных публикациях.

В первой главе представлен обзор методов фильтрации цифровых изображений и их анализ в контексте контрастных изображений. Описывается математическая модель цифрового изображения и причины возникновения шума при оцифровке. Шум является частью исходного изображения и может возникнуть из-за различных факторов, основным из которых является фотонный шум. При этом вопрос распределения шума в цифровых изображениях недостаточно изучен, и как следствие не учитывается при

разработке методов подавления шума на изображении. Приведено описание влияния шума на результат решения задачи обработки и анализа цифровых изображений. В главе проанализированы опубликованные работы и проведен обзор существующих методов подавления шума, который позволил выделить их преимущества и недостатки. Приведены примеры использования методов подавления шума на изображениях. На основании выполненного обзора обоснованы задачи диссертационного исследования по разработке метода моделирования фильтрации контрастных изображений, предложено использование выпукло-вогнутой функции потерь с целью подавления шума и управления фильтром при изменении характеристик изображения.

Во второй главе проведено исследование свойств шума в цифровых контрастных изображениях. Описан проведенный с помощью цифровой фототехники эксперимент, который позволил получить цветное цифровое изображение с шумом. Проведен анализ распределения шума на участках изображения различной яркости, исследованы свойства цифрового шума на основе полученных данных. Цифровой шум в большинстве случаев проявляется в виде случайных вкраплений темных и светлых пикселей, которые не соответствуют истинному содержанию изображения. Шум может быть особенно заметен в темных областях изображения или при работе с высокими ISO-значениями на камерах. Выявлено, что на границах яркостей распределение шума отличается от нормального, при этом дисперсия шума на темных участках изображения выше, чем на светлых, и минимально-возможному значению яркости соответствует наибольшее значение дисперсии. Далее было проведено исследование математической модели фильтрации контрастных изображений на основе обобщенного метода наименьших модулей применительно к фильтрации сигналов, с учетом предложенной в работе функции потерь сглаживающего преобразования. Использование указанной функции позволяет повысить эффективность работы ОМНМ-фильтра путем нахождения зависимости параметров функции потерь от вида перепада и характеристик изображения. Предложен оптимизационный

численный алгоритм подбора параметров функции потерь на основе характеристик контрастного изображения.

В третьей главе описаны алгоритмы и комплекс программ цифровой фильтрации контрастных изображений на основе предложенного ранее метода. Представлена структура и описание реализованного комплекса программ с помощью которого проводились вычислительные эксперименты. Представлена процедура проведения натурального эксперимента с указанием используемого оборудования, что позволит при необходимости воспроизвести эксперимент. Было обосновано использование цветовой модели HSV для обработки изображений и получены характеристики распределения шума. Представлено описание компьютерного моделирования зашумленных перепадов. Перед проведением численных экспериментов проведено исследование эффективности подавления шума с помощью ОМНМ-фильтра на наборе контрастных перепадов. По результатам численных экспериментов была дана оценена эффективность фильтрации контрастных перепадов реализованным фильтром в сравнении с другими фильтрами. Показана эффективность работы различных фильтров на нескольких уровнях зашумления для смоделированных контрастных перепадов с различным уровнем контрастности. Подробно описаны алгоритмы фильтрации контрастных изображений и особенности выбора параметров апертур.

В четвертой главе проведено сравнение эффективности сглаживания ОМНМ-фильтром с некоторыми другими фильтрами на основе проведенных вычислительных экспериментов как на модельных данных, так и на реальных изображениях. Приведены примеры обработки контрастных изображений в прикладных задачах, таких как частичное восстановление контуров контрастных объектов на дефектном изображении, повышение контрастности снимков, сегментация изображения. Также описано применение данного фильтра для обработки изображений в области медицины и компьютерного зрения, показан положительный эффект использования фильтра на основе ОМНМ.

В конце каждой главы автором предложены выводы, которые обобщают и систематизируют полученные в ходе исследования результаты.

Итоги и результаты диссертационного исследования обобщены в **заключении** по диссертации. Изложены рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы. Намечены предполагаемые направления внедрения результатов выполненных исследований.

Научная новизна

Научная новизна диссертационного исследования определяется тем, что в нем:

1. Разработана система компьютерного моделирования нелинейной фильтрации контрастных изображений на основе модификации обобщенного метода наименьших модулей, позволяющая учитывать негауссовость распределения шума и характеристики изображения в каждой его отдельной точке, такие как степень контрастности яркостного перепада и уровень шума. Проведенная сравнительная оценка среднего линейного отклонения яркости отфильтрованных зашумлённых изображений с идеальными показала преимущества разработанного метода при фильтрации цифровых контрастных изображений относительно линейных и медианных методов фильтрации.

2. Разработан оптимизационный алгоритм нахождения параметров модели нелинейной фильтрации, позволивший учитывать закономерности изменения текущих характеристик цифрового изображения. На основе имитационного моделирования он позволяет находить параметры для любой функции потерь, которая может быть использована в предложенном методе нелинейной фильтрации.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертации

Теоретическая значимость работы заключается в развитии численных методов и адаптации обобщенного метода наименьших модулей для применения в цифровых изображениях. Обобщенный метод наименьших модулей при использовании параметров в функции потерь приобретает

свойство адаптироваться к изменению характеристик изображения в каждой локальной области, что в теории можно использовать не только для фильтрации изображений, но и фильтрации сигналов в различных областях знаний.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в применимости результатов исследования для решения различных задач, связанных с фильтрацией изображений.

Разработан программный комплекс, реализующий предложенные алгоритмы и позволяющий исследовать их эффективность при подавлении шума в цифровых контрастных изображениях. Программный комплекс также позволяет использовать различные виды и размеры апертур и функций потерь при фильтрации изображений.

Разработанные инструменты могут быть использованы в робототехнике, в разработке систем технического зрения, повышения качества изображения, анализа изображений и т.п. Сочетание теоретических выводов и возможности практического применения результатов в важных прикладных задачах является достоинством диссертации.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность научных положений, приведенных в диссертации, выводов и рекомендаций по результатам диссертационного исследования обеспечена корректным использованием математического аппарата и методов математического моделирования; результатами натурального эксперимента; согласованностью результатов вычислительных экспериментов на модельных примерах и реальных данных; объемом апробации и представления этапов работы на научных конференциях и семинарах конференциях всероссийского и международного уровня. Основные результаты работы опубликованы в 15 научных работах, из них 4 – в ведущих рецензируемых отечественных научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 3 статьи – в рецензируемых изданиях, индексируемых базами данных Scopus и Web of

Science; получены 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Результаты, полученные при выполнении диссертационной работы, рекомендуется использовать для развития методов обработки изображений и исследовании применимости полученного фильтра в областях знаний, таких как обработка полученных со спутника изображений, восстановление изображений и других задач.

Замечания по диссертационной работе

1. В работе приведено обоснование выбора функции потерь и показана эффективность использования функции потерь с варьированием параметров в сравнении с функцией без параметров, но не поясняется по какой причине используются именно два параметра и почему недостаточно одного.

2. Автор предлагает использовать среднее линейное отклонение яркости пикселей исходного изображения и изображения прошедшего фильтрацию как меру эффективности сглаживания, однако для сравнения различных фильтров традиционно используется пиковое соотношение «сигнал/шум».

3. При моделировании контрастных перепадов генерировались два варианта зашумленных перепадов, в первом нижняя граница яркости равна нулю и половина шума срезается на значении 0, а во втором нижняя граница яркости не равна нулю и весь шум укладывается в интервал допустимых значений яркостей. Однако не рассматриваются промежуточные варианты, когда нижняя граница яркости перепада не равна нулю, но часть шума срезается на нижней границе допустимых значений.

Изложенные замечания не снижают ценности выполненного диссертационного исследования. В диссертации предлагается решение важной технической задачи подавления шума и фильтрации контрастных изображений.

Заключение

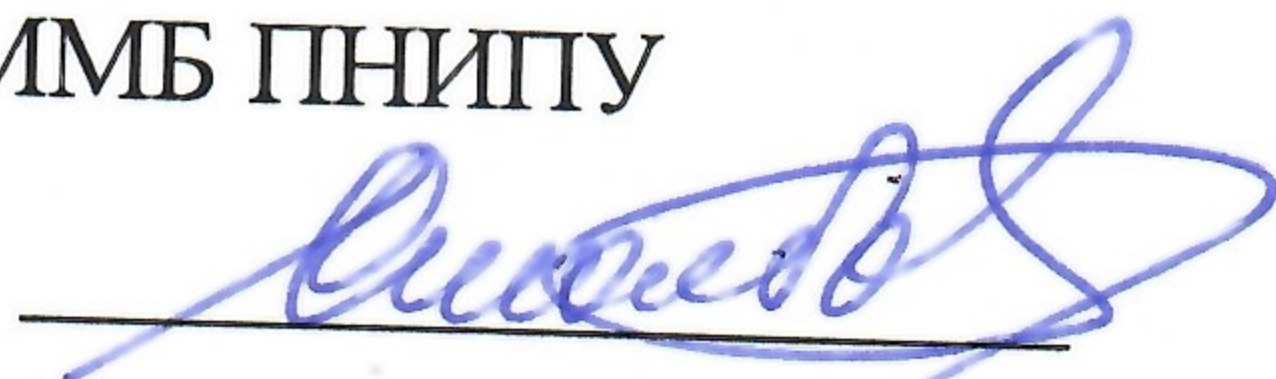
Анализ работы позволяет сделать обоснованный вывод о том, что диссертация Сурина Владимира Анатольевича на тему «Математическое моделирование фильтрации контрастных изображений на основе обобщенного метода наименьших модулей» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной, теоретической и практической ценностью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют существенное значение для развития области технического зрения.

Диссертационная работа соответствует пп. 9 – 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Сурин Владимир Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертация и отзыв обсуждены и одобрены на расширенном заседании кафедры «Вычислительная математика, механика и биомеханика» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (протокол № 1 от «30» августа 2023 г. Присутствовало на заседании 30 человек. В голосовании приняло участие 30 человек, за – 30, против – 0, воздержалось – 0 человек.

Отзыв составлен доктором технических наук, профессором кафедры ВММБ Столбовым Валерием Юрьевичем и доктором технических наук, профессором Федосеевым Сергеем Анатольевичем.

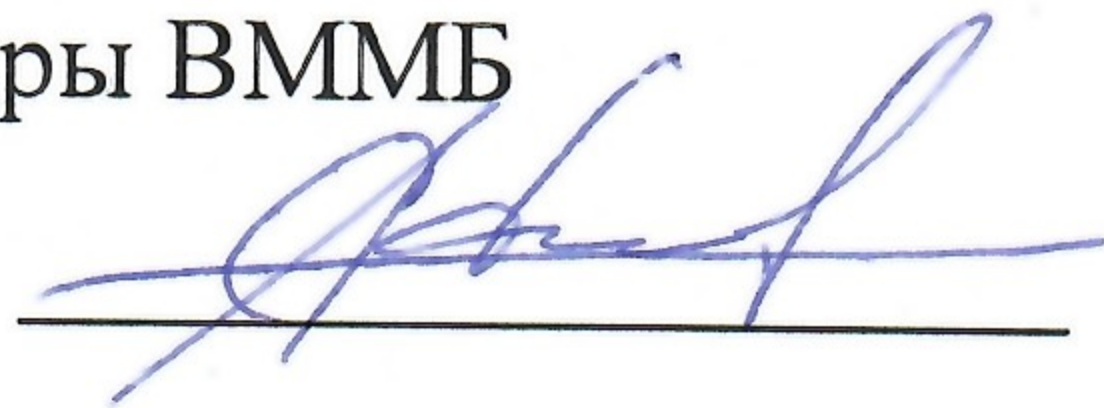
Доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой ВММБ ПНИПУ



Столбов Валерий Юрьевич

«30» 08 2023 г.

Доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры ВММБ



Федосеев Сергей Анатольевич

«30» 08 2023 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Пермский национальный исследовательский
политехнический университет» (ФГАОУ ВО ПНИПУ)

Адрес: 614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29

E-mail: rector@pstu.ru

Телефон: +7 (342) 219-80-67

E-mail: vmm@pstu.ru

Веб-сайт: <https://pstu.ru>

Личные подписи Столбова В.Ю., Федосеева С.А. удостоверяю:

Учёный секретарь

Учёного совета ПНИПУ

 В.И. Макаревич

«5» сентября 2023 г.